



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 101 25 767 C 1

51 Int. Cl.⁷:
F 01 L 9/04

21 Aktenzeichen: 101 25 767.8-13
22 Anmeldetag: 28. 5. 2001
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 29. 5. 2002

DE 101 25 767 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Compact Dynamics GmbH, 82319 Starnberg, DE

74 Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

72 Erfinder:
Gründl, Andreas, Dipl.-Phys. Dr., 81377 München,
DE; Hoffmann, Bernhard, Dipl.-Ing., 82319
Starnberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
JP-Abstr. u. OS 5-312013;

54 Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor

57 Der Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor hat einen mit einem Ventilglied zu koppelnden hohlzylindrischen Läufer und einen Ständer, wobei der Läufer konzentrisch übereinander angeordnete, dauermagnetische Ringe aufweist, der Ständer zumindest teilweise aus einem weichmagnetischen Material aufgebaut ist und zumindest einen dem Läufer zugewandten Zahn aufweist, der Ständer einen radial innen liegenden magnetisch leitenden Bereich und einen radial außen liegenden magnetisch leitenden Bereich aufweist, wobei die Ringe des Läufers zwischen dem innen liegenden Bereich und dem außen liegenden Bereich des Ständers angeordnet sind, und der außen liegende Bereich des Ständers zumindest in einem Teilabschnitt eine C-förmige Querschnittsgestalt hat und zumindest eine Ständerspule aufweist.

DE 101 25 767 C 1

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Gaswechselventil, bei dem die Hin- und Herbewegung des Ventilgliedes nicht durch eine Nockenwelle bewirkt und gesteuert wird. Vielmehr wird bei dem erfindungsgemäßen Gaswechselventil das Ventilglied elektrisch betätigt.

Stand der Technik

[0002] Eine derartige elektrisch betätigte Ventilanordnung ist aus den japanischen Veröffentlichungen JP 5-312.013 A sowie JP-Abstract 5-312.013 bekannt. Diese zeigen einen Gaswechselventilantrieb mit zylindrischen Magnetelementen, die jeweils einen magnetischen Pol an ihrem äußeren Umfang aufweisen, übereinander und als beweglicher Magnet mit einem Elektromagnetventil angeordnet sind. Eine Vielzahl ebenfalls übereinander angeordneter sattelförmiger Feldspulen sind konzentrisch um den halben Umfang der Magnetelemente unter Bildung eines Luftspaltes gewickelt. Um das Elektromagnetventil zu betätigen werden die Feldspulen entsprechend mit elektrischem Strom beschickt.

Der Erfindung zugrundeliegendes Problem

[0003] Mit diesem bekannten Gaswechselventil können der in Verbrennungsmotoren erforderliche Hub, Schub und die Dynamik bei ausreichend kompaktem Aufbau und hoher Zuverlässigkeit für den Gross-Serien-Einsatz in KFZ-Motoren nicht erreicht werden.

Erfindungsgemäße Lösung

[0004] Zur Behebung dieser Nachteile lehrt die Erfindung einen Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor mit einem elektrischen Linearmotor als Aktuator für ein Ventilglied, der durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert ist.

Aufbau und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Lösung

[0005] Erfindungsgemäß hat der Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor einen mit einem Ventilglied zu koppelnden hohlzylindrischen Läufer und einen Ständer, wobei der Läufer konzentrisch übereinander angeordnete, dauermagnetische Ringe aufweist, der Ständer zumindest teilweise aus einem weichmagnetischen Material aufgebaut ist und zumindest einen dem Läufer zugewandten Zahn aufweist, der Ständer einen radial innen liegenden magnetisch leitenden Bereich und einen radial außen liegenden magnetisch leitenden Bereich aufweist, wobei die Ringe des Läufers zwischen dem innen liegenden Bereich und dem außen liegenden Bereich des Ständers angeordnet sind, und der außen liegende Bereich des Ständers zumindest in einem Teilabschnitt eine C-förmige Querschnittsgestalt hat und zumindest eine Ständerspule aufweist.

[0006] Das der Erfindung zugrunde liegende Konzept besteht darin, den die Ankerdurchflutung bewirkenden Teil des Ständers, nämlich den Spulenbereich mit der Ständerspule, räumlich aus dem die Kraft des Linearmotors bildenden Teil, nämlich dem Zahnbereich des Ständers, "herauszulösen". Damit kann im Vergleich zu herkömmlichen Linear-

motoren, bei denen die Ständerspulen jeweils zwischen zwei Zähnen des Ständers angeordnet sind, eine erheblich höhere Ankerdurchflutung erreicht werden. Die liegt daran, daß die Spule durch die erfindungsgemäße Gestaltung erheblich weniger räumliche Einschränkungen hat und so auf minimale (ohmsche) Verluste – und damit einhergehende maximale Magnetfeldinduktion – optimiert werden kann. Durch die Abmessungen der dauermagnetischen Ringe in der Bewegungsrichtung des Läufers bzw. die Abmessungen eines Zahns des Ständers in der Bewegungsrichtung des Läufers ist eine Polteilung definiert, die kleiner ist als die Abmessung der Ständerspule in deren Längsrichtung.

[0007] Gleichermaßen werden die Kraft bzw. Bewegung hervorrufenden Läufermagnetpol/Ständerzahn-Anordnungen konzentriert, so daß diese nicht durch Ständerspulen unterbrochen sind. Dies erlaubt eine sehr kleine Polteilung, welche wiederum eine hohe Kraftdichte bewirkt. Außerdem sind mit der erfindungsgemäßen Anordnung Teilhübe des Ventilgliedes möglich. Damit kann bei einem mit den erfindungsgemäßen Gaswechselventilantrieben ausgestatteten Verbrennungsmotor auf eine Drosselklappe bei der Zumesung des Luft-Kraftstoff-Gemisches und deren zugehörige Ansteuerung verzichtet werden.

[0008] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung wird in den C-förmigen Jochen des außen liegenden Bereiches des Ständers durch die dort angeordnete(n) Ständerspule(n) magnetischer Fluß in den Ständer induziert und fließt von den radialen Abschnitten der C-förmigen Joche über den ringförmigen Luftspalt, in dem die hohlzylindrischen Dauermagneten angeordnet sind, in den innen liegenden (zylindrisch geformten) Bereich des Ständers. Von dem innen liegenden Bereich des Ständers dort schließt sich der magnetische Kreis wieder in Richtung der C-förmigen Joche des außen liegenden Bereiches des Ständers.

[0009] Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Gaswechselventilantriebs besteht darin, daß praktisch nur die magnetisch wirksamen Komponenten (die Dauermagnete) zur tragen Masse des Läufers beitragen, während alle anderen Teile des Motors (Spulen, magnetischer Rückschluß, etc.) dem Ständer zugeordnet sind. Damit kann ein besonders hohes Verhältnis von durch den Motor ausgeübter Kraft zu träger Masse erzielt werden. Außerdem ist der erfindungsgemäße Gaswechselventilantrieb hervorragend geeignet, in schnell laufenden Verbrennungsmotoren eingesetzt zu werden. Dabei kann insbesondere das Annähern des Ventilgliedes an die Endpositionen (Offen- oder Geschlossen-Stellung des Gaswechselventils) die Geschwindigkeit des Läufers mit hohen Beschleunigungsänderungen erfolgen, so daß das Auftreffen des Ventilgliedes im Ventil Sitz mit minimaler Geschwindigkeit erfolgt, während das Ventilglied im übrigen mit sehr hohen Geschwindigkeiten bewegt wird. Außerdem steht in den Endbereichen des Bewegungsverlaufs die maximale Kraft zur Verfügung. Dies erlaubt einen sehr geräusch- und verschleißarmen, und wegen der erzielbaren hohen Haltekräfte in den Endstellungen gleichzeitig sehr sicheren Betrieb der Gaswechselventile.

[0010] Da bei dem erfindungsgemäßen Gaswechselventilantrieb mehrere hintereinander geschaltete, einzeln ansteuerbare einphasige Motoren vorgesehen sein können, kann die insgesamt erzeugte Kraft entlang des Hubweges des Ventilgliedes genau auf die jeweils erforderliche Kraft eingestellt werden. Hierbei ist zu beachten, daß der erfindungsgemäße Gaswechselventilantrieb in der Regel einphasig zu betreiben ist. Es ist jedoch auch möglich, die Ständerspulen einzelnen über einander angeordneten Motoren mehrphasig zu betreiben.

[0011] Durch die erfindungsgemäße Anordnung ist es

nicht erforderlich, das Ventilglied mit erheblicher kinetischer Energie zu beaufschlagen, damit dieses seine Endstellung einnimmt. Dies bedeutet, daß die Beschleunigung der Verzögerung während der Bewegung des Ventilgliedes gleichmäßig ist.

[0012] Durch die sehr einfach gestaltbare (einphasige und zylindrische) Anordnung der Ständerspule ist es möglich, die auf die Spule wirkenden Rüttelkräfte gering zu halten, so daß Vibrationen der Spule oder Reibung der Spule an der Wandung der Ständerspulenkommer gering sind. Damit ist es möglich, mit minimalem Isolationsmaterial bzw. Auskleidungsmaterial der Ständerspulenkommer auszukommen. Auch dies trägt zur Kompaktheit und Zuverlässigkeit der Gesamtanordnung bei. Außerdem bewirkt dies eine hohe Leistungsdichte, auch bei kleinen Gaswechselventilen, da der Füllfaktor der Ständerspulenkommer (Spulenvolumen in der Ständerspulenkommer bezogen auf das Gesamtvolumen der Ständerspulenkommer) hoch ist.

[0013] Die Erfindung ermöglicht den Aufbau eines Gaswechselventilantriebs, bei dem die wenigstens eine Spule über ihre gesamte Erstreckung zur effektiven Kraftbildung in dem Linearmotor beiträgt. Dies bedeutet, daß die Spule keine Wickelköpfe aufweist, wie dies bei herkömmlichen Motoren der Fall ist. Der Grund dafür ist, daß die Spule vollständig in den Wickelkanälen aufgenommen ist und die Spule nicht über die Zähne des Ständers hinausragt.

[0014] Damit stellt der Gaswechselventilantrieb gemäß der Erfindung einen Aktuator dar, der gegenüber einem herkömmlichen Motor erheblich weniger Kupfer(-Spulenmasse) zur Erzeugung eines vergleichbaren Kraft/Weg-Profiles aufweist.

[0015] Vorzugsweise ist der Spulenbereich in Bewegungsrichtung des Läufers größer als der Abstand zwischen zwei benachbart angeordneten Zähnen des Ständers.

[0016] Der Ständer kann in bekannter Weise aus Elektroleuchteilen aufgebaut sein. Es ist aus Vereinfachung der Herstellung jedoch auch möglich, ihn als einen weichmagnetischen Formkörper, vorzugsweise aus gepreßtem und/oder gesintertem Metallpulver zu gestalten.

[0017] Um die Sättigungsinduktion des Ständers zu erhöhen ist es auch vorteilhaft, wenn der weichmagnetische Formkörper des Ständers in seinem Inneren wenigstens einen Kern mit Kobalt-haltigem Eisen aufweist, der vorzugsweise als Blechwickel ausgestaltet ist.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform ist dem Läufer ein Wegsensor zur Erfassung des Hubes des Ventilgliedes zugeordnet. Dies kann zum Beispiel ein Interferometer oder ein induktiver Sensor mit Trägerfrequenz sein. Dies ist insbesondere deshalb vorteilhaft, weil mit dem erfindungsgemäßen Aktuator auch Teilhübe, (d. h. Zwischenstellungen zwischen Offen und Geschlossen) der Ventilanordnung möglich sind. Dieser Teilhub kann über den Sensor erfaßt bzw. kontrolliert werden.

[0019] Der Läufer ist zumindest teilweise durch einen magnetischen Rückschlußkörper des Ständers umgeben. Dabei kann die Spule des Ständers entweder an dem Ständer oder in dem Rückschlußkörper angeordnet sein.

[0020] Die magnetisch abwechselnd orientierten Dauermagnet-Ringe können zusätzlich durch magnetisch nicht wirksame Abstandshalter in einem vorbestimmten Abstand zueinander gehalten sind. Damit kann die träge Masse des Läufers gering gehalten werden.

[0021] Schließlich betrifft die Erfindung einen Verbrennungsmotor mit wenigstens einem Verbrennungszylinder, mit wenigstens einem Gaswechselventilantrieb für Ein- oder Auslaßventile mit einem oder mehreren der vorstehenden Merkmale.

[0022] Aus der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des

Gaswechselventilantriebs ergeben sich folgende Eigenschaften:

- Hohe Antriebsdynamik bei niedriger Leistungsaufnahme.
- Eine Federanordnung zum Ausgleich von durch bewegte Massen hervorgerufenen Kräften ist nicht erforderlich um bei einer Masse des Ventilgliedes von etwa 30-70 Gramm, einem Ventilhub von etwa 5-10 mm und einer Drehzahl eines Vierzylinder-Verbrennungsmotors von mindestens etwa 6000 U/min einen Endpositionswechsel (von Offen nach Geschlossen oder umgekehrt) des Ventilgliedes von weniger als 1,5 Millisekunden bei einer mittleren Leistungsaufnahme über zwei vollständige Kurbelwellenumdrehungen von weniger als etwa 100 Watt zu realisieren.
- In den jeweiligen End-Positionen des Ventilgliedes sind nur geringe Halteströme erforderlich um das Ventilglied sicher in der jeweiligen Stellung zu halten.
- Da auf eine Federanordnung verzichtet wird (siehe oben) entfallen sonst notwendige Einschwingvorgänge des Ventilgliedes. Dies verringert die Dauer des Stellvorgangs.
- Durch den erfindungsgemäßen Aktuator kann das Ventilglied praktisch aus jeder momentanen Lage präzise in jede beliebige Stellung gebracht werden. Dies gilt insbesondere für die End-Positionen, die sehr genau von dem Ventilglied angefahren werden können. Damit kann - mit einer entsprechenden elektronischen Ansteuerung der Spule(n) ein Auftreffen des Ventilgliedes in seinem Ventilsitz mit weniger als 40 mm/sec sichergestellt werden. Dies hält den Verschleiß und die Geräuschentwicklung der Ventilanordnung im Betrieb sehr gering.
- Das Ventilglied kann - obwohl mit dem Läufer starr verbunden - gegenüber seinem Ventilsitz um seine Bewegungsachse rotierbar aufgenommen sein, so daß ein punktueller Verschleiß des Ventilgliedes oder des Ventilsitzes verhindert wird.
- Durch die hohe Leistungsdichte der erfindungsgemäßen Anordnung können die Querabmessungen (Durchmesser) des Gaswechselventils mit den notwendigen Leistungsdaten sehr klein gehalten werden. Dies erlaubt den Einsatz in kompakten Pkw-Motoren.

[0023] Weitere Merkmale, Eigenschaften, Vorteile und mögliche Abwandlungen werden für einen Fachmann anhand der nachstehenden Beschreibung deutlich, in der auf die beigefügte Zeichnung Bezug genommen ist.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0024] In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform eines Gaswechselventilantriebs für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor schematisch im Längsschnitt veranschaulicht.

[0025] In Fig. 2a ist eine zweite Ausführungsform eines Gaswechselventilantriebs für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor schematisch im Längsschnitt veranschaulicht.

[0026] In Fig. 2b ist eine Schnittansicht entlang der Linie II-II in der Ausführungsform nach Fig. 2a veranschaulicht.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung

[0027] In Fig. 1 ist eine erste Ausführungsform eines elektrischen Linearmotors 10 veranschaulicht, der bei der erfindungsgemäßen Ventilanordnung als Aktuator für ein Ventil-

glied 12 dient, dessen zugehöriger Ventilsitz 12a nur schematisch veranschaulicht ist. Der Linearmotor 10 hat einen mit dem Ventilglied 12 über eine Stange 14 gekoppelten Läufer 16 und einen Ständer 18.

[0028] Der Ständer 18 ist bei dieser Ausführungsform als weichmagnetischer Formkörper aus gesinterem Eisen-Metallpulver gebildet. Dabei ist der Formkörper funktionell in einen Zahnbereich 18a und einen dem Zahnbereich 18a benachbarten aber von ihm getrennten Spulenbereich 18b unterteilt.

[0029] Der Zahnbereich 18a des Ständers 18 hat an seinem Umfang zwei dem Läufer 16 zugewandte Zähne 22 mit einer geschlossenen Mantelfläche. Im vorliegenden Beispiel mit in der Draufsicht kreisrunden Formkörpern haben die einzelnen Zähne 22 eine kreiszylindrische Mantelfläche. Es ist jedoch auch möglich, ovale Formkörper oder Formkörper mit polygonaler Gestalt zum Aufbau des Ständers 18 zu verwenden.

[0030] Die beiden Zähne 22 des Ständers 18 begrenzen zwischen sich eine parallel zu den Zähnen 22 verlaufende Ringnut 24, deren Abmessung bei der vorliegenden Ausführungsform in der Bewegungsrichtung B des Läufers 16 der Abmessung der beiden Zähne 22 entspricht. Es ist jedoch auch möglich, diesen Abstand gegenüber der Abmessung der Zähne 22 in der Bewegungsrichtung B des Läufers 16 zu variieren. Dies erfordert jedoch auch entsprechende Ausgestaltung der Magnetringe 30 des Läufers 16, da die Periodizität der Magnetringe 30 des Läufers 16 gleich der Periodizität der Zähne 22 bzw. deren zwischenliegenden Ringnuten 24 am Ständer 18 sein muß.

[0031] An den Zahnbereich 18a angrenzend weist der Ständer 18 den Spulenbereich 18b auf, der eine zur Außenseite hin offene Ständerspulenkommer 26 hat, in der eine zur Mittellängsachse des Ständers 18 konzentrische Ständerspule 28 angeordnet ist. Die Ständer-Spule 28 ist zum Erzielen eines möglichst hohen Füllfaktors als Kupferbandspule ausgeführt. Die Art der Verschaltung der einzelnen Spulen 28 bzw. deren zeitlich gesteuertes Beaufschlagen mit elektrischem Strom ist von der gewünschten Art des Motors (Ein- oder Mehrphasenmotor) abhängig, wobei eine einphasige Betriebsweise einfacher und daher zu bevorzugen ist.

[0032] Da jede Spule 28 über ihre gesamte Erstreckung in der Ständerspulenkommer 26 angeordnet ist, trägt sie auch über ihre gesamte Länge zur effektiven Kraftbildung in dem Linearmotor bei.

[0033] In der gezeigten Anordnung ist der Läufer 16 ein Hohlzylinder, der Magnetringe 30 aus dauermagnetischem Material (zum Beispiel Samarium-Cobalt) aufweist. Die einzelnen Magnetringe 30 sind konzentrisch übereinander angeordnet, wobei die magnetische Orientierung der Magnetringe abwechselnd radial orientiert ist und die Ringe in ihren Abmessungen so gestaltet ist, daß in einer vorbestimmten Stellung des Läufers 16 zwei Zähne 22 eines Ständers 18 jeweils mit einem Magnetring 30 mit gleicher magnetischer Orientierung fluchten.

[0034] Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Magnetringen 30 können zur Verringerung der trägen Masse des Läufers 16 auch magnetisch nicht wirksame hohlzylindrische Distanzhalter aus Kunststoff, zum Beispiel aus kohlefaserverstärktem Kunststoff eingefügt sein. Die aneinander anliegenden Dauermagnet-Ringe und die magnetisch nicht wirksamen Hohlzylinder sind fest mit einander verbunden. Mit anderen Worten befinden sich im beweglichen Teil des Motors (dem Läufer) keine den Magnetfluß leitenden Teile (zum Beispiel Fluss-Leitstücke), sondern nur Dauermagnete, die stets optimal im magnetischen Feld angeordnet sind. Diese Anordnung hat auch den Vorteil einer Gewichtseinsparung. Sofern radial orientierte Ringscheiben aus dau-

ermagnetischem Material nicht die ausreichende magnetische Feldstärke erzeugen können, ist es erfindungsgemäß auch möglich, Ringscheibensegmente aus Dauermagneten so zusammenzusetzen, daß ein radial (von innen nach außen oder umgekehrt) gerichtetes Magnetfeld quer zur Bewegungsrichtung des Läufers entsteht.

[0035] An dem Läufer 16 ist ein Weg-Geber 32 angeordnet, der mit einer entsprechenden Sonde 34 abgetastet wird.

[0036] Als magnetischer Rückschluß ist als Teil des Ständers ein hohlzylindrisches Rohr 40 vorgesehen, das an seinem einen Endbereich zwei radial nach innen reichende Zähne 42 aufweist, die in zusammengebautem Zustand des Ständers 18 mit den Zähnen 22 des Ständers 18 fluchten. An seinem anderen Endbereich schließt das hohlzylindrische Rohr 40 mit der äußeren Einfassung des Spulenbereichs 18b an.

[0037] In der Fig. 1 sind zwei übereinander angeordnete Ständer 18 gezeigt, die von einem gemeinsamen Läufer 16 durchdrungen sind. Damit ist es möglich, bei entsprechender Ansteuerungen der beiden Spulen der beiden Ständer 18 einen zweiphasigen Linearantrieb zu realisieren.

[0038] Anstatt oder zusätzlich zu der Anordnung der Spule an dem Außenumfang des Spulenbereichs 18b, ist es auch möglich, die Spulen an dem radial außen liegenden Abschnitt des magnetischen Rückschlusses 40 anzuordnen. Dies ist im Zusammenhang mit der in den Fig. 2a und 2b veranschaulichten Ausführungsform nachstehend erläutert.

[0039] Hierbei sind im Vergleich zu Fig. 1 gleiche oder gleichwirkende Komponenten mit übereinstimmenden Bezugszeichen versehen.

[0040] Fig. 2a zeigt einen Gaswechselventilantrieb mit einem Ständer 18 und einem hohlzylindrischen Läufer 16, der aus konzentrisch übereinander angeordneten dauermagnetischen Ringen 30 mit abwechselnden Magnetorientierungen aufgebaut ist.

[0041] Der Ständer 18 ist im wesentlichen aus einem weichmagnetischen Material aufgebaut mit einem radial innen liegenden magnetisch leitenden Bereich 50 und einen radial außen liegenden magnetisch leitenden Bereich 52. Die Magnetringe 30 des Läufers 16 sind in dem Luftspalt zwischen dem innen liegenden Bereich 50 und dem außen liegenden Bereich 52 des Ständers 18 angeordnet.

[0042] Der innen liegende Bereich 50 und der außen liegende Bereich 52 haben jeweils zwei miteinander fluchtende dem Läufer 16 zugewandte Zähne 22, die durch eine Ringnut 24 voneinander getrennt sind und auch jeweils mit einem der Magnetringe 30 des Läufers 16 fluchten. Die erfindungsgemäße Anordnung ist auch mit jeweils nur einem Zahn 22 an dem innen liegenden Bereich 50 und dem außen liegenden Bereich 52 funktionsfähig, die jeweils mit einem der Magnetringe 30 des Läufers fluchten. Weiterhin funktioniert die erfindungsgemäße Anordnung auch, wenn nur an dem innen liegenden Bereich 50 oder an dem außen liegenden Bereich 52 ein Zahn 22 ausgeformt ist, der mit einem der Magnetringe 30 des Läufers fluchtet.

[0043] Auch bei dieser in Fig. 2a veranschaulichten Ausführungsform können jeweils zwei benachbarte Ringe 30 des Läufers 16 durch magnetisch nicht wirksame Abstandhalter in einem vorbestimmten Abstand zueinander gehalten sein.

[0044] In gleicher Weise wie bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist hier die Spule des Ständers 18 größer als der Abstand zwischen zwei benachbart angeordneten Zähnen 22 des Ständers 18.

[0045] Ein wesentlicher Unterschied zwischen der Ausführungsform nach Fig. 1 und der Ausführungsform nach Fig. 2a besteht darin, daß bei Fig. 2a die Ständerspule nicht nur wie bei Fig. 1 den radial innen liegenden Bereich des

Ständers koaxial umgibt. Hierzu ist der radial außen liegende Bereich 52 des Ständers 18 als zwei einander radial gegenüberliegende Teilabschnitte 54 im Querschnitt C-förmig gestaltet. Jeder der C-förmigen Teilabschnitte 54 hat zwei in Bewegungsrichtung B des Läufers 16 voneinander beabstandete radial orientierte Schenkel 56, 58. Die jeweiligen radial orientierten Schenkel 56, 58 sind durch ein im wesentlichen in Bewegungsrichtung B des Läufers 16 orientiertes Verbindungsjoch 60 miteinander verbunden. Jedes der Verbindungsjoche 60 trägt eine Ständerspule 28. Nicht veranschaulicht, aber erfindungsgemäß ebenfalls möglich ist es, zusätzlich oder anstelle der parallel zur Bewegungsrichtung des Läufers 16 orientierten, gezeigten Ständerspulen 28 radial orientierte Ständerspulen an den radialen Schenkeln 56, 58 vorzusehen.

[0046] Der besseren Übersicht wegen sind die Ständerspulen 28 nur in der oberen Motoreinheit in Fig. 2a eingezeichnet, während sie bei der unteren Motoreinheit in Fig. 2a weggelassen sind.

[0047] Der Ständer 18 mit seinen radial inneren und seinen radial äußeren Bereichen ist ein weichmagnetischer Formkörper aus gepreßtem und gesintertem Metallpulver. Im radial innen liegenden Bereich des Ständers ist in Richtung des magnetischen Flusses und längs der Bewegungsrichtung des Läufers ein gewickelter Blech-Kern 62 mit Kobalt-haltigem Eisen in das Metallpulver des Formkörpers vor dem Pressen und Sintern eingebracht. In gleicher Weise können, falls dies erforderlich ist, in dem radial außen liegenden Teil des Ständers 18 in Richtung des magnetischen Flusses gewickelte Blech-Kerne mit Kobalt-haltigem Eisen eingebracht sein.

[0048] Sofern die geometrischen Verhältnisse es zulassen, ist es auch möglich, wie in Fig. 2a in der oberen Motoreinheit gezeigt, den radial innen liegenden Bereich 50 des Ständers 18 ebenfalls mit einer Ständerspule 28 zylindrisch zu umgeben. In diesem Fall addieren sich die von den Ständerspulen induzierten magnetischen Flüsse bei gleichphasiger Ansteuerung.

[0049] Wie in Fig. 2b gezeigt, sind an dem radial außen liegenden Teil des Ständers 18 entlang seines Umfangs verteilt zwei Teilabschnitte 54 mit jeweils einer Ständerspule 28 angeordnet. Es ist jedoch auch möglich, mehr als zwei der im Querschnitt C-förmig gestalteten Teilabschnitte 54 mit entsprechenden Ständerspulen entlang des Umfangs des Ständers 18 zu verteilen.

[0050] Weiterhin ist in Fig. 2a eine Brems- und Halte-Einrichtung für den Laufer 16 in seiner unteren Endstellung (also der Offen-Stellung) veranschaulicht. Hierzu ist ein die Ringe 30 des Läufers 16 umgebender oder von diesen umgebener Magnetring 70 mit radialer Magnetorientierung im Bereich eines jeweiligen Anschlages des Läufers 16 ortsfest angeordnet. Dabei ist der Magnetring 70 bezogen auf die Bewegungsrichtung des Läufers 16 und insbesondere bezogen auf die Endstellung des unteren Rings 30 des Läufers 16 so angeordnet ist, daß der unterste Ring 30 des Läufers 16 sich vollständig an dem Magnetring 70 vorbeibewegen kann, bevor er den unteren Anschlag erreicht. Die Magnetorientierung des Magnetrings 70 und des unteren Rings 30 des Läufers ist so gewählt, daß zum Beispiel beide Ringe magnetische N-Pole sind, die aufeinander zu gerichtet sind. Es versteht sich, daß eine derartige Brems- und Halteeinrichtung für den Laufer 16 auch an der oberen Endstellung vorgesehen werden kann und auch in der Ausführungsform nach Fig. 1 einsetzbar ist.

[0051] Die erläuterten Ausführungsformen eignen sich besonders, den geforderten Hub von max. etwa 20 mm mit der erforderlichen Dynamik in dem zur Verfügung stehenden relativ schmalen Bauraum zu realisieren.

1. Gaswechselventilantrieb für einen ventilgesteuerten Verbrennungsmotor, mit einem mit einem Ventilglied (12) zu koppelnden hohlzylindrischen Laufer (16) und einem Ständer (18), wobei der Laufer (16) konzentrisch übereinander angeordnete, dauermagnetische Ringe (30) aufweist, der Ständer (18) zumindest teilweise aus einem weichmagnetischen Material aufgebaut ist und zumindest einen dem Laufer (16) zugewandten Zahn (22) aufweist, der Ständer (18) einen radial innen liegenden magnetisch leitenden Bereich (50) und einen radial außen liegenden magnetisch leitenden Bereich (52) aufweist, wobei die Ringe (30) des Läufers (16) zwischen dem innen liegenden Bereich (50) und dem außen liegenden Bereich (52) des Ständers (18) angeordnet sind, und der außen liegende Bereich (52) des Ständers (18) zumindest in einem Teilabschnitt (54) im Querschnitt C-förmig gestaltet ist und zumindest eine Ständerspule (28) aufweist.
2. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei benachbarte dauermagnetische Ringe (30) des Läufers (16) radial gerichtete, abwechselnde Magnetorientierungen aufweisen.
3. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei jeweils zwei benachbarte Ringe (30) des Läufers (16) durch magnetisch nicht wirksame Abstandhalter in einem vorbestimmten Abstand zueinander gehalten sind.
4. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei an dem radial innen liegenden magnetisch leitenden Bereich (50) des Ständers (18) und/oder dem radial außen liegenden magnetisch leitenden Bereich (52) des Ständers (18) in Bewegungsrichtung des Läufers (16) wenigstens ein Zahn (22) ausgebildet ist, dessen Abmessung in der Bewegungsrichtung des Läufers (16) im wesentlichen gleich der Abmessung eines dauermagnetischen Rings (30) in der Bewegungsrichtung des Läufers (16) ist, so daß in einer vorbestimmten Stellung des Läufers (16) der wenigstens eine Zahn (22) des Ständers (18) mit einem dauermagnetischen Ring (30) fluchtet.
5. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei durch die Abmessungen der dauermagnetischen Ringe (30) in der Bewegungsrichtung des Läufers (16) und durch den wenigstens einen Zahn (22) des Ständers (18) eine Polteilung definiert ist, die kleiner ist als die Abmessung der Ständerspule (28) in deren Längsrichtung.
6. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, bei dem der innen liegende Bereich (50) des Ständers (18) zusätzlich oder an Stelle des außen liegenden Bereiches (52) des Ständers (18) eine Ständerspule (28) aufweist.
7. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 5 und 6, bei dem der innen liegende Bereich (50) des Ständers (18) einen Zahnbereich (18a) und einen dem Zahnbereich (18a) benachbarten Spulenbereich (18a) aufweist, so daß in Bewegungsrichtung des Läufers (16) wenigstens ein Zahn (22) des Ständers (18) neben einer Ständerspulen-kammer (26) ausgebildet ist, in der eine Ständerspule (28) angeordnet ist, und einer der dauermagnetischen Ringe (30) in einer vorbestimmten Stellung des Läufers (16) mit einem der Zähne (22) eines Ständers (18) fluchtet.
8. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 7, wobei der Spulenbereich (18b) in Bewegungsrichtung des Läufers (16) größer ist als der Abstand zwischen zwei

benachbart angeordneten Zähnen (22) des Ständers (18).

9. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei der Ständer (18) ein weichmagnetischer Formkörper, vorzugsweise aus gepreßtem und/oder gesintertem Metallpulver ist. 5

10. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 9, wobei der weichmagnetische Formkörper des Ständers (18) in seinem Inneren wenigstens einen Kern (62) mit Kobalt-haltigem Eisen aufweist. 10

11. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei die zumindest eine Ständerspule (28) in einem quer zur Bewegungsrichtung (B) des Läufers (16) orientierten Bereich (58) des im Querschnitt C-förmig gestalteten Teilabschnittes (54), oder 15
in einem im wesentlichen parallel zur Bewegungsrichtung (B) des Läufers (16) orientierten Bereich (60) des im Querschnitt C-förmig gestalteten Teilabschnitt (54), oder
in einem im wesentlichen parallel zur Bewegungsrichtung (B) des Läufers (16) orientierten innen liegenden Bereich des Ständers diesen konzentrisch umgebend angeordnet ist. 20

12. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1 oder 11, wobei entlang des Umfangs des Ständers 18 wenigstens zwei im Querschnitt C-förmig gestaltete Teilabschnitte (54) mit jeweils wenigstens einer Ständerspule (28) verteilt angeordnet sind. 25

13. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei dem Läufer (16) ein Wegsensor (32, 34) zur Erfassung des Hubes des Ventilgliedes (12) zugeordnet ist. 30

14. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei wenigstens eine Spule über ihre gesamte Erstreckung zur effektiven Kraftbildung beiträgt.

15. Gaswechselventilantrieb nach Anspruch 1, wobei zum Bremsen und Halten des Läufers (16) in wenigstens einer seiner Endstellungen ein die Ringe (30) des Läufers (16) umgebender oder von diesen umgebener Magnetring (70) mit radialer Magnetorientierung im Bereich der jeweiligen Endstellung des Läufers (16) so 35
angeordnet ist, daß vor dem Erreichen der Endstellung ein Ring (30) des Läufers (16) mit gleicher Magnetorientierung wie der Magnetring (70) diesen passiert um anschließend die Endstellung einzunehmen. 40

16. Verbrennungsmotor mit wenigstens einem Verbrennungszylinder, der wenigstens eine Ventilanordnung mit den Merkmalen eines der vorstehenden Ansprüche aufweist. 45

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

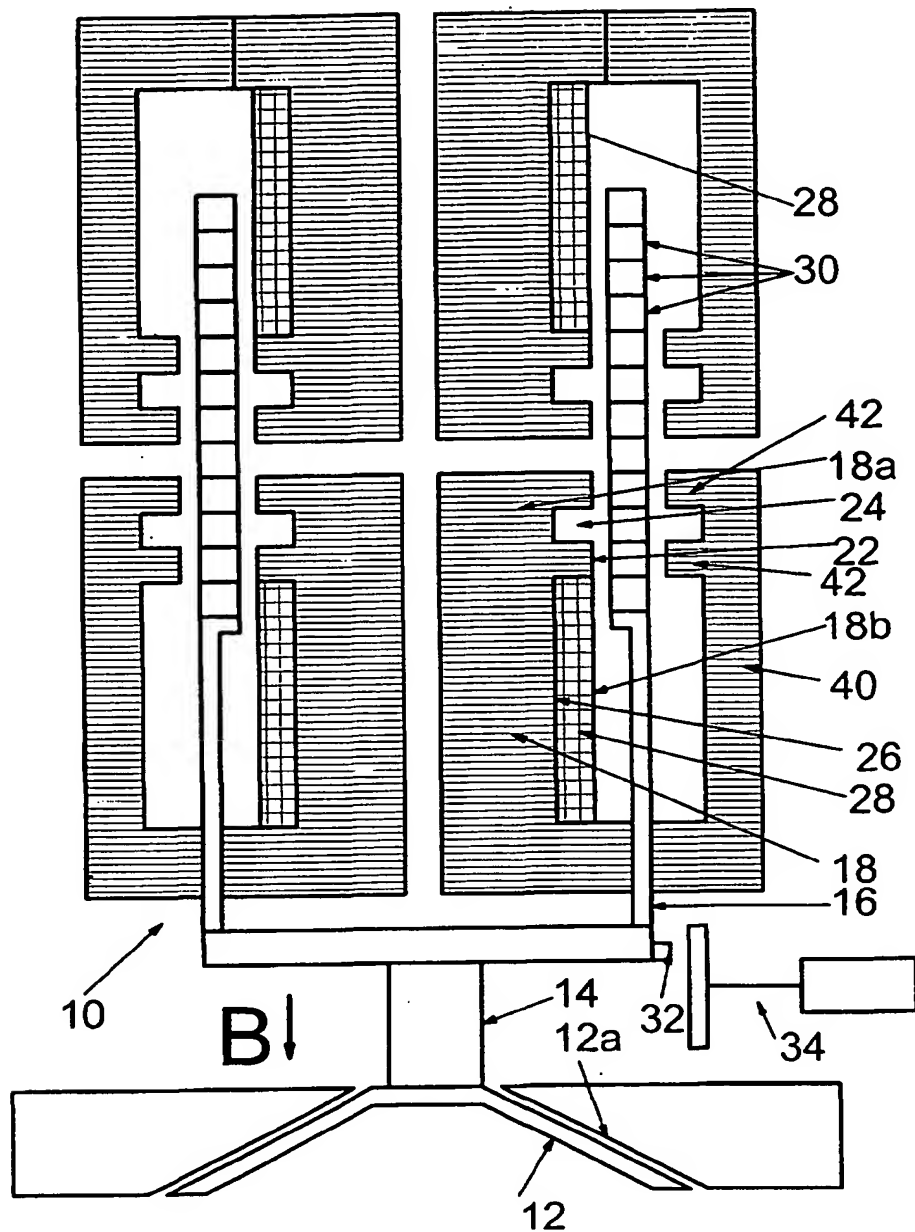


Fig. 1

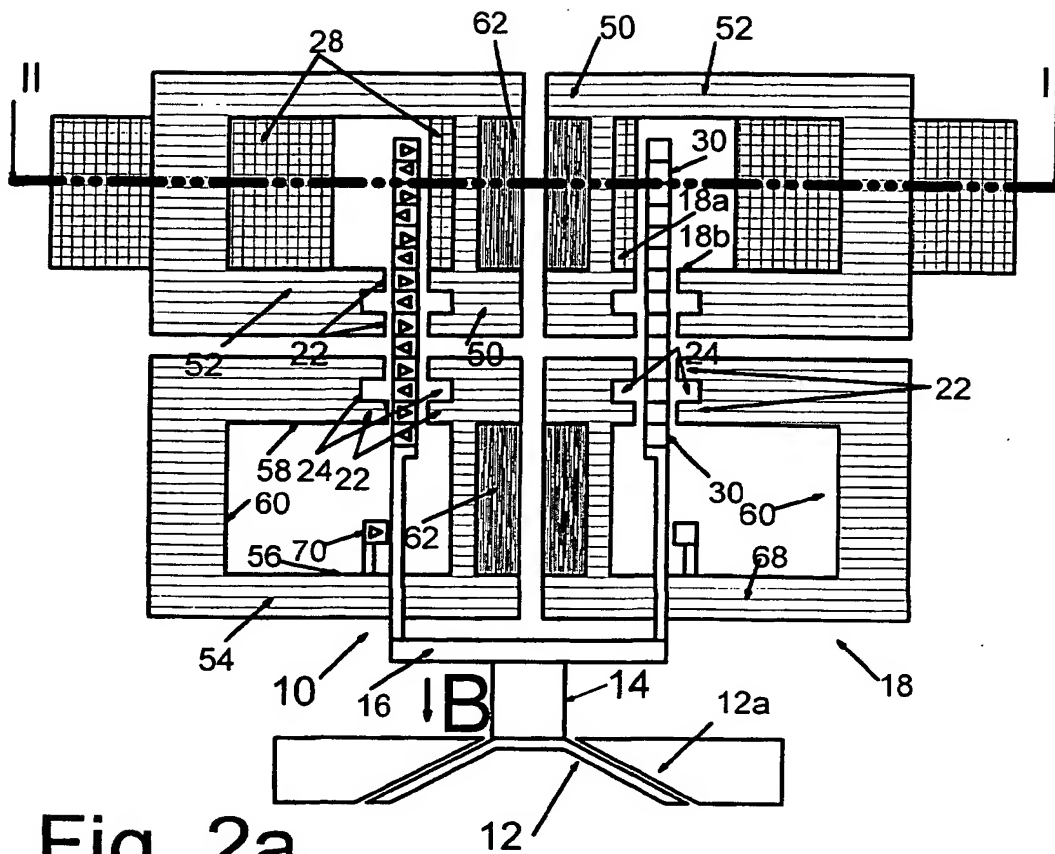


Fig. 2a

Fig. 2b

